



Universitat de Lleida

PREMIS A TREBALLS DE RECERCA DE LA UdL
per a l'estudiantat de batxillerat i cicles formatius de grau superior

L'erosió a l'Alta Ribagorça

Albert Ricart

Centre: Institut de Pont de Suert

Tutor/a: Dolors Farré Plaza

Data: juny, 2021

L'erosió a l'Alta Ribagorça



Índex

Resum	3
Abstract	3
0. Introducció	4
1. Definició d'erosió i dels tipus d'erosió	6
1.1. Erosió natural	6
1.1.1. Erosió hídrica	7
1.1.2. Erosió eòlica	8
1.1.3. Erosió química	10
1.1.4. Erosió gravitatòria	12
1.2. Erosió antròpica	13
2. Factors que condicionen la vulnerabilitat del sòl	14
2.1. El clima	14
2.2. El pendent	14
2.3. La quantitat de vegetació	14
2.4. L'estructura i la composició química del sòl	15
2.5. L'acció humana	15
2.5.1. La desforestació	15
2.5.2. Les pràctiques agrícoles	16
2.5.3. La urbanització	16
3. Mètodes d'avaluació de l'erosió hídrica	17
3.1. Mètodes qualitatis	17
3.1.1. Model qualitatiu de l'erosió-deposició	18
3.2. Mètodes quantitatis	19
3.2.1. Mètodes quantitatis d'avaluació directa	19
3.2.2. Mètodes quantitatis d'avaluació indirecta: els models	20
4. Objectius i metodologia.....	22
4.1. Objectius	22
4.2. Metodologia	22

5. Experimentació	24
5.1. Experimentació perfiladors micro topogràfics	24
5.1.1. La parcel·la de treball	24
5.1.2. Treball de camp	25
5.2. Experimentació amb un simulador de pluja	26
5.2.1. Disseny del simulador de pluja	26
5.2.2. Les parcel·les experimentals	28
5.2.3. Disseny de l'experiment	29
5.3. Determinació del sòl	32
6. Resultats	33
6.1. Resultats perfiladors micro topogràfics	33
6.1.1. Primer testimoni del xaragall	33
6.1.2. Segon testimoni del xaragall	34
6.1.3. Tercer testimoni del xaragall	34
6.1.4. Càlcul de les àrees dels perfils	35
6.1.5. Pluviometria	36
6.2. Resultats simulador de pluja	37
6.2.1. Inici de l'escorrentia per obtenir mostra saturada	37
6.2.2. Velocitat d'infiltració durant els experiments	37
6.2.3. Sòl erosionat durant els experiments	39
6.3. Resultats textura del sòl	41
7. Conclusions	43
8. Fonts d'informació.....	45
9. Annexos	46

Resum

L'erosió del sòl és un procés de degradació, transport i deposició de les partícules del sòl. En aquest treball s'estudia aquest procés i també s'analitza el seu comportament en un ecosistema de muntanya. Per fer-ho, es delimita una parcel·la on abundi aquest fenomen, per exemple un xaragall, i s'analitza la variació dels seus perfils en diferents punts del xaragall en el període d'estudi. A part, una altra manera per estudiar l'erosió és mitjançant un simulador de pluja i utilitzant diferents factors que condicionen el procés, com la quantitat de vegetació de la mostra, l'angle d'inclinació o la intensitat i quantitat de la pluja. Un cop obtinguts els resultats, s'ha observat que hi ha hagut una variació negativa dels perfils del xaragall, és a dir, que hi ha hagut una pèrdua de sòl i el xaragall s'ha erosionat. Per últim, també s'ha observat que és produeix més erosió quan disminueix la quantitat de vegetació, augmenta l'angle d'inclinació i la intensitat i quantitat de pluja.

Abstract

Soil erosion is a process of degradation, transport and deposition of soil particles. In this work this process is studied and his behavior in a mountain ecosystem is also analyzed. To do this, a plot where this phenomenon is abundant is delimited, for example a gully, and the variation of its profiles on different points of the gully is analyzed in the study period. Besides, another way to study erosion is through a rain simulator and using different factors that condition the process, such as the amount of vegetation in the sample, the angle of inclination or the intensity and amount of rain. Once the results were obtained, it has been observed that there has been a negative variation of the profiles of the gully, that is, there has been a loss of soil and the gully has eroded. Finally, it has also been observed that more erosion occurs when the amount of vegetation decreases, the angle of inclination increases, and the intensity and amount of rainfall increases.

0. Introducció

El treball consisteix en l'estudi de l'erosió i el seu comportament en un ecosistema terrestre de muntanya. S'ha estudiat el fenomen de l'erosió en una parcel·la situada a Gotarta durant els mesos de març a setembre. A part, també s'ha estudiat aquest fenomen mitjançant un simulador de pluja.

Un dels objectius del treball és investigar l'erosió en camp, amb aquest fi, s'ha mesurat les variacions dels perfils del xaragall escollit durant el període d'estudi per poder estudiar la seva erosió. Per la naturalesa del treball, només s'ha mesurat la variació del perfil del xaragall durant sis mesos. Si es disposés de més temps, seria una bona idea estudiar el comportament del xaragall en períodes de temps més amplis per poder extreure conclusions més completes.

Un altre objectiu és investigar l'erosió en laboratori, per aconseguir-ho, es va construir un simulador de pluja i es va realitzar diversos anàlisis amb tres mostres de sòl diferents, utilitzant diversos angles d'inclinació i tipus de pluviometria per variar la quantitat i la intensitat de la pluja per veure com afecten aquests factors en l'erosió.

Amb els resultats obtinguts dels dos experiments s'han elaborat un seguit de gràfiques per poder redactar les conclusions del treball.

Durant la part experimental del treball no van sorgir greus imprevistos per culpa de la pandèmia i va sortir gairebé tot com s'havia plantejat a principis de març ja que la primera part de l'experiment on es necessitava desplaçar-se fins al xaragall per mesurar els seus perfils es va poder fer uns dies abans que declarassin l'estat d'alarma. Això va permetre estudiar la variació del xaragall durant sis mesos que és el període mínim per poder extreure unes conclusions realistes sobre el seu comportament. L'únic problema va ser que un dels quatre testimonis del xaragall es va trobar arrencat a la segona mesura dels perfils, en el mes de setembre, i només s'ha pogut mesurar la variació del perfil en tres punts diferents.

La part escrita del treball comença amb una explicació sobre l'erosió i els seus tipus. Després s'explica els factors que condicionen la vulnerabilitat del sòl i els mètodes d'avaluació de l'erosió hídrica. A continuació s'explica detalladament com s'han fet els

dos experiments; es descriu la parcel·la de treball de l'experiment en camp i les tècniques utilitzades per mesurar els perfils del xaragall; de l'experiment en laboratori es descriu el disseny del simulador i s'explica els procediments emprats en ell. Finalment, es presenten els resultats obtinguts de les dades recollides i se n'extreuen les conclusions.

1. Definició d'erosió i tipus d'erosió

La paraula erosió prové del terme llatí “*erodere*” i el seu significat és desgast d'una superfície per agents externs. És a dir, l'erosió és la degradació de la capa superficial del sòl per culpa d'un agent extern, ja sigui l'aigua, el vent, la gravetat, les accions humanes... Com a resultat el sòl manifesta un descens net de la seva fertilitat natural i productivitat biològica mitjançant la pèrdua de matèria orgànica i nutrients, la degradació de l'estructura física del sòl i la disminució de la seva capacitat de retenció d'aigua.

El fenomen d'erosió es defineix com un procés de degradació, transport i deposició de les partícules del sòl. En aquest procés podem diferenciar tres fases principals: el desprendiment de les partícules individuals del sòl; el seu transport que és on intervenen els agents erosius; i l'última, la sedimentació que es produeix quan l'energia dels agents és insuficient per continuar transportant les partícules del sòl (Figura 1.1).

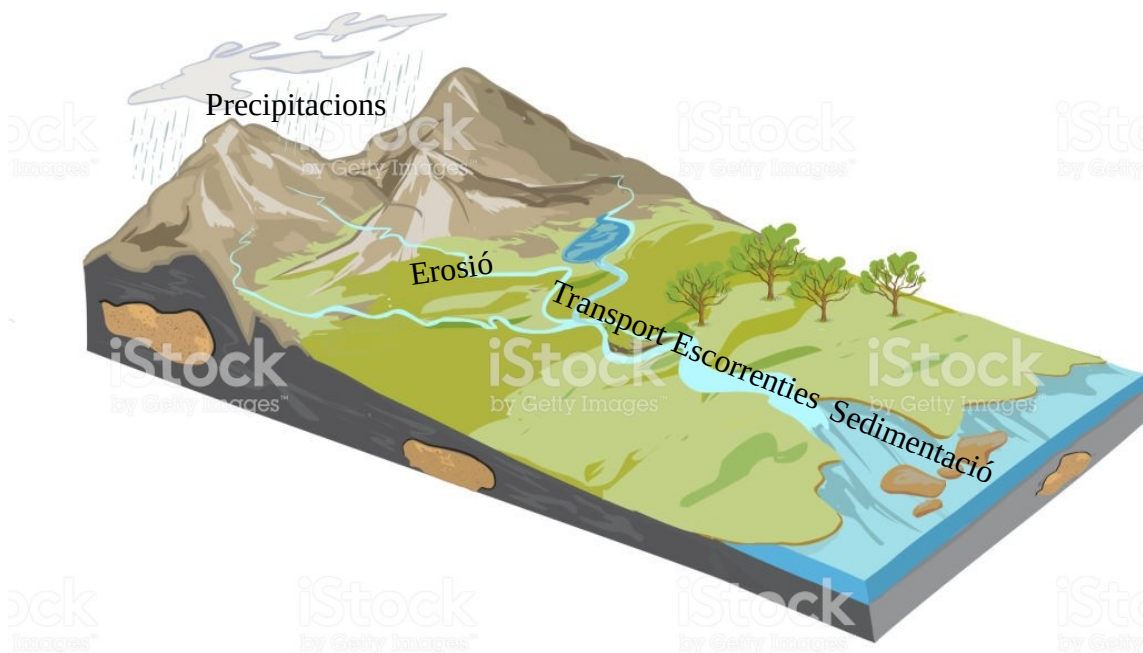


Figura 1.1 El cicle de l'aigua respecte l'erosió

1.1. Erosió natural

L'erosió natural és la que està causada per les accions dels factors naturals i no per l'home i es subdivideix en erosió hídrica, eòlica, química i gravitatòria.



Figura 1.2 Escorrentia

1.1.1. Erosió hídrica

L'erosió hídrica és el tipus de desgast que sobre els materials durs de la superfície terrestre exerceix l'aigua en les seves diverses formes de desplaçament, moviment o flux. Està provocada per l'acció de l'impacte de les gotes d'aigua de la pluja i a la desagregació de les partícules del sòl que produeix, però sobretot a la fracció de l'aigua que s'escapa a l'evaporació i a la infiltració, és a dir, a les escorrenties¹ (Figura 1.2).

La degradació del sòl és deguda bàsicament als processos d'erosió de l'aigua que s'expandeix per la superfície del sòl. Aquesta degradació és un dels problemes ambientals més seriosos que s'enfronta la gran part de la humanitat, especialment en les poblacions d'aquelles regions de la Terra més vulnerables a aquest procés com les zones on hi ha terres àrides que el 50% del seu deteriorament és degut a l'erosió hídrica. Això passa per culpa de l'alta agressivitat de la pluja, la intensa desforestació i la vulnerabilitat de la major part dels sòls. Totes aquestes últimes justifiquen el seu alt risc d'erosió.

L'erosió hídrica és, però, un problema antic accelerat en diverses etapes de la història de la humanitat per crisis climàtiques com períodes de sequera i de pluges intenses i abundants.

Dins de l'erosió hídrica podem diferenciar l'erosió pluvial i l'erosió laminar.

L'erosió pluvial és la manifestació de l'acció de les gotes d'aigua de la pluja sobre la superfície terrestre (Figura 1.3) i es produeix pel despreniment i el moviment de les partícules del terra causat per l'impacte de les gotes de pluja sobre el sòl. Aquesta energia cinètica de les gotes és el factor més important de l'erosió pluvial i depèn del diàmetre i de la velocitat d'aquestes gotes com expressa la fórmula:

1 Escorrentia: és la làmina d'aigua que es forma sobre la superfície del sòl després de les precipitacions.



Figura 1.3 Gota d'aigua impactant sobre una superfície

$$E_c = 1/2 \cdot m v^2$$

On:

E_c = energia cinètica (J);

m = massa (Kg);

v = velocitat de les gotes (m/s)

El diàmetre de les gotes és molt variable i oscil·la normalment entre 2 i 3 mm en les gotes més grans i entre 1 i 2 mm en les gotes més petites. Excepcionalment hi ha algunes pluges que produeixen gotes de 5 o 6mm. I quan el diàmetre és més petit de 0,5mm es denomina a la pluja com plugim o boira. Respecte a la velocitat de la pluja està lligada a la mida de les seves gotes ja que com més grans són més velocitat assoleixen. Amb un aire calmat, una gota amb un diàmetre de 0,5mm cau a 2m/s en canvi una de 5mm cau a 9m/s.

L'erosió laminar consisteix en l'arrossegament de partícules del sòl per l'aigua de pluja en el sentit del pendent. Aquest arrossegament pot ocórrer de forma difusa o uniforme. Es desenvolupa en dues etapes. En primer lloc, quan l'esquitxada de la pluja, amb el seu impacte, colpeja les partícules de sòl. En segon lloc, aquestes partícules al desprendre's, es desplacen costa avall amb l'aigua que arrossega els sediments.

1.1.2. Erosió eòlica

L'erosió eòlica és el desgast de les roques o la remoció de terra a causa de l'acció del vent.

És un tipus d'erosió àmpliament estesa i és particularment severa en alguns ambients àrids, en els semiàrids i en molts sectors litorals, territoris on la sequera i l'escassetat de vegetació són factors rellevants. En l'alta muntanya també es dona aquest tipus d'erosió perquè les grans diferències de temperatures fa que la roca es trenqui i l'erosió eòlica pugui actuar amb major eficàcia.

En el fenomen d'erosió eòlica, és determinant la superfície sobre la qual actua el vent. La seva alteració no es limita a punts o àrees limitades com passa amb l'erosió hídrica; l'acció de vent s'exerceix sobre la totalitat de la superfície. En espais amplis, l'erosió produeix sovint excavacions de depressions poc profundes anomenades foies, conques o depressions de deflació. S'originen en àrees més o menys planes i desproveïdes de vegetació on el sòl està exposat a l'acció de vent. Les partícules fines (argiles i llims) són aixecades per corrents verticals que sobrepassen les velocitats de decantació; la pols es difon en l'atmosfera fins a altures que van des de pocs metres a diversos milers. L'alçada depèn de la intensitat de la turbulència del vent, de la seva durada i de la mida de les partícules. Com a resultat, pot produir-se un dens núvol, anomenada tempesta de pols (Figura 1.4).



Figura 1.4 Tempesta de pols

El vent és un eficaç agent d'erosió capaç d'arrencar, aixecar i transportar partícules, però, la seva capacitat per erosionar roques compactes i dures és limitada. Si la superfície està constituïda per roca dura, el vent no és capaç de provocar canvis apreciables a causa de que la força cohesiva del material excedeix a la força exercida pel vent. Únicament en aquells llocs on la superfície exposada conté partícules minerals soltes o poc cohesives, el vent pot manifestar tot el seu potencial d'erosió i transport.

La velocitat determina la capacitat de vent per erosionar i arrossegar partícules, però també influeix el caràcter dels materials, la topografia del terreny i l'eficàcia protectora de la vegetació.

El transport de les partícules de terra és influenciat per la seva grandària, la velocitat del vent i la distància a recórrer. Les partícules de terra erosionables són les que tenen 0,1 mm de diàmetre. La velocitat mínima necessària del vent per iniciar el moviment de les partícules de terra erosionables és d'aproximadament 15 quilòmetres per hora, mesurada a una alçada de 30 centímetres de la superfície. Després de que s'iniciï el moviment, les partícules són conduïdes a salts, depenent de la seva mida i de la turbulència de vent.

1.1.3 Erosió química

L'erosió química és on actua la meteorització² química, que és el conjunt de processos que es produeixen per mitjà de l'aigua o pels agents gasosos de la atmosfera com l'oxigen i el diòxid de carboni. Aquest tipus de meteorització ocasiona la descomposició dels minerals i és més contundent amb les altes temperatures i amb l'abundància d'humitat.

Les reaccions o processos bàsics implicats són:



Figura 1.5 Roca cristal·lina (granit)

1)Hidròlisis: és una reacció de canvi catiònica que origina la progressiva destrucció dels minerals sobretot silicats abundants en les roques cristal·lines. Una reacció molt freqüent és:

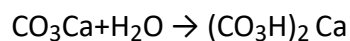


Aquest procés és el més comú de la descomposició les roques cristal·lines (Figura 1.5).

² Meteorització: és el conjunt de processos mecànics, fisicoquímics o biològics d'alteració i esmicolament de la roca superficial.

2)Hidratació: surt per la capacitat d'alguns minerals per absorbir i incorporar aigua amb el consegüent canvi de volum de la roca. La freqüència dels cicles de hidratació-dessecació provoca l'expansió- contracció d'alguns materials fent-los més vulnerables a altes alteracions. És un procés important de la generació de nous materials que solen acompanyar a altres accions com la hidròlisi i la dissolució. Aquest fenomen té especial importància on hi ha sòls amb argiles expansives i provoca importants problemes en la construcció d'edificis i vies de comunicació.

3) Dissolució: és el procés que ocasiona el enfonsament de la xarxa cristal·lina dels minerals que formen la roca per l'acidesa de l'aigua i per la difusió i molècules o àtoms d'un cos en les de l'altre. En general, implica una dissociació iònica que és més comú en sòlids que líquids. Aquest procés afecta a tots els materials en major o menor grau però és més significatiu en sulfats i carbonats de calci i magnesi. És el principal fenomen per carstificació ja que al ionitzar l'aigua el CO₂ produeix la corrosió de les roques carbonades mitjançant la reacció:

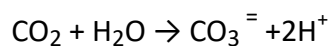


Aquesta reacció química transforma les roques calcàries (Figura 1.6) en bicarbonat de calci que és soluble i per la tant fàcilment evacuat per les aigües corrents. La abundància de materials carbonats en el món confereix aquest procés una gran importància en el modelatge del paisatge .

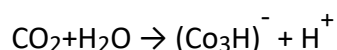


Figura 1.6 Roca calcàrea

4)Carbonatació: és el procés d'alteració química que transforma materials que contenen calci, magnesi, potassi i sodi en carbonats o bicarbonats degut a l'acció del CO₂ contingut en l'aigua. És un procés molt freqüent en la dissolució del òxid de carboni en l'aigua format àcid carbònic que la ionitza:



o



Aquest fenomen té importància en l'erosió de roques carbonatades, al ionitzar l'aigua i fer-la més agressiva.

5) Oxidació- reducció: és un fenomen de guany o pèrdua d'electrons d'un element que fa els materials més o menys vulnerables a altres reaccions. Intervé en tots els processos de meteorització i origina algunes concentracions. La reducció és el procés oposat a la oxidació, normalment es produeix en condicions anaeròbiques (en absència d'oxigen lliure).

1.1.4. Erosió gravitatòria

L'erosió gravitatòria és un dels principals factors que determina la velocitat dels processos de erosió i el relleu. Els processos fluvials o gravitatoris actuen generalment en presència d'una certa pendent topogràfica.

També és un agent erosiu dins dels processos geodinàmics externs. Els processos gravitacionals estan causats per la gravetat i consisteixen principalment en fenòmens d'esllavissades i fluxos, durant els quals una determinada quantitat de massa es trenca o desprèn i cau desplomant, o bé descendeix al llarg d'un pendent.



Figura 1.7 Caiguda de blocs

Això es tradueix en moviments de vessant, esllavissades del terreny i en el desprendiment i caiguda de blocs a favor de les pendents (Figura 1.7).

La causa principal que posa en marxa aquests processos en vessants inestables o compostes de materials poc cohesionats és la saturació d'aigua del terreny, encara que també pot ser causat per moviments sísmics.

1.2. Erosió antròpica

L'erosió antròpica és la que està causada per l'home i consisteix en una alteració o pèrdua de la capa superficial del sòl per culpa de diferents accions del ser humà que fa en el terra. Les accions principals d'aquesta erosió és la construcció d'infraestructures i la sobreexplotació dels sòls pels cultius (Figura 1.8).



Figura 1.8 Sobreexplotació del sòl per ús agrícola

2. Factors que condicionen la vulnerabilitat del sòl

2.1. El clima

La quantitat i intensitat de la pluja és el principal factor climàtic que afecta a l'erosió dels sòls per l'aigua. Aquesta relació és particularment forta si es produeixen fortes precipitacions en els moments en què la superfície del sòl no està ben protegida per la vegetació. Això passa en els períodes en què les activitats agrícoles deixen el sòl nu, o en regions semiàrides on la vegetació és pràcticament escassa. L'erosió eòlica requereix vents forts, particularment durant èpoques de sequera quan la vegetació és escassa i el sòl està sec. Altres factors climàtics, com la temperatura, també poden afectar l'erosió, una temperatura molt alta disminueix la quantitat de vegetació en la superfície del sòl. En general, donada la vegetació i els ecosistemes similars, s'espera que les àrees amb més precipitació (especialment pluges d'alta intensitat), més vent o més tempestes tinguin més erosió.

2.2. El pendent

El pendent determina la velocitat a la qual fluirà l'escorrentia superficial. Si el pendent és llarg i pronunciat és més probable obtenir altes taxes d'erosió durant les pluges intenses que si el pendent és curt i amb poca inclinació. També, el terreny més inclinat és més propens a esllavissades de fang o de terra i altres formes de processos d'erosió gravitacional.

2.3. La quantitat de vegetació



La vegetació actua com una interfície entre l'atmosfera i el sòl (Figura 2.1). A més, augmenta la permeabilitat de terra a l'aigua de pluja, disminuint l'escorrentia. Protegeix la superfície del sòl del vent i això fa que hi hagi una disminució de l'erosió eòlica. Les arrels de les plantes uneixen el sòl i s'entrellacen amb altres arrels, formant una massa més sòlida que és menys susceptible tant a

Figura 2.1 Coberta vegetal

l'aigua com a l'erosió eòlica. Per tant, l'eliminació de la vegetació augmenta l'erosió superficial.

2.4. L'estructura i la composició química del sòl

La composició, la humitat i la compactació de terra són factors importants per determinar l'erosió de la pluja. Els sediments que són més argilencs normalment són més resistents a l'erosió que aquells amb sorra o llim, perquè l'argila ajuda a unir les partícules de terra. A part, el terreny que conté alts nivells de materials orgànics sovint és més resistent a l'erosió, perquè els materials orgànics coagulen els col·loides de terra i creen una estructura de terra més fort i estable. La quantitat d'aigua present en el sòl abans de la precipitació també juga un paper important, ja que estableix límits en la quantitat d'aigua que pot ser absorbida pel sòl. Quan els sòls estan humits i saturats ja no poden absorbir tanta aigua de les precipitacions, i això genera majors nivells d'escorrentia superficial i, per tant, major erosivitat per a un volum donat de pluja. La compactació de terra també afecta la permeabilitat de terra a l'aigua i, per tant, la quantitat d'aigua que flueix com vessament. Els sòls més compactats tenen una major quantitat de vessament superficial que els sòls menys compactats.

2.5. L'acció humana

Els factors més importants que condicionen la vulnerabilitat del sòl provocats per culpa de les accions humanes són la desforestació, les pràctiques agrícoles i la urbanització.

2.5.1. La desforestació



Figura 2.2 Desforestació en un bosc

La desforestació (Figura 2.2) consisteix en destruir grans espais de bosc. Aquesta acció provoca un augment de les taxes d'erosió degut a l'exposició de terra mineral després d'eliminar les capes superficials del sòl, causant la compactació del sòl. Una cop que els arbres han estat remoguts les taxes d'infiltració augmenten.

2.5.2. Les pràctiques agrícoles

Les pràctiques agrícoles és el factor que més contribueix a l'augment global de les taxes d'erosió. El conreu de les terres agrícoles, que fragmenta el sòl en partícules més fines, és un dels principals factors. El conreu també augmenta les taxes d'erosió eòlica ja que deshidrata el terra i el descompon en partícules més petites que poden ser recollides pel vent. Això s'empitjora pel fet que la majoria dels arbres generalment s'eliminen dels camps agrícoles i això permet que augmenti la velocitat del vent augmentant també la taxa de l'erosió eòlica. En quant al pasturatge intensiu, aquest redueix la coberta vegetal del sòl i causa una forta compactació de la terra, causant l'augment de les taxes d'erosió.

2.5.3. La urbanització

La urbanització és un factor important en els processos d'erosió ja que primer, destrueix la coberta vegetal, després altera els patrons de drenatge, compacta el sòl durant la construcció i finalment, cobreix la superfície del terra en una capa impermeable d'asfalt o formigó que augmenta la quantitat de vessament superficial i la velocitat del vent a la superfície.



Figura 2.3 Urbanització massiva en l'Alta Ribagorça

3. Mètodes d'avaluació de l'erosió hídrica

Els mètodes d'avaluació o estimació de l'erosió tenen com a objectiu la seva quantificació. L'avaluació de l'erosió és necessària per conèixer el context espacial on es produeixen els processos de l'erosió i així poder quantificar la pèrdua del sòl que es produeix i les seves causes. Però, la quantificació de l'erosió del sòl és una tasca complicada ja que planteja un conjunt de problemes tècnics i metodològics en relació a les escales espacials i temporals, perquè els processos d'erosió es manifesten en tasses, graus i freqüències variables amb el temps.

Podem trobar els mètodes qualitatius i els quantitius.

3.1. Mètodes qualitatius

Els mètodes qualitatius no utilitzen valoracions numèriques, sinó adjectivacions ordinals dels diferents caràcters que s'estudien. Entre els mètodes qualitatius destaca la cartografia de les unitats homogènies en funció dels factors principals que controlen el procés de l'erosió i la vulnerabilitat del sòl.

Els estats de l'erosió poden ser determinats mitjançant l'observació amb sensors remots col·locats en la parcel·la i amb contrastes del camp observats en les fotografies aèries. La fotografia aèria és una font d'informació bàsica molt utilitzada en l'actualitat; s'utilitza pel mesurament dels regalims³ i xaragalls⁴ amb el fi de quantificar les pèrdues del sòl, en les anàlisis dels canvis de vegetació i pràctiques de cultiu mitjançant l'ús de seqüències d'imatges fotografiades en diferents períodes de temps, i de forma més general, per l'elaboració dels mapes de l'erosió. Aquesta tècnica és utilitzada per la cartografia d'àrees amb erosió entre regalims, xaragalls i desplaçaments en massa.

3 Regalim: és l'aigua que cau o surt d'un lloc de manera lenta i continuada escorrent-se pel damunt d'una superfície.

4 Xaragall: és una incisió erosiva que produeix l'aigua de la pluja en escórrer-se per un terreny inclinat, deixant la zona desproveïda de vegetació, exposant el fons pedregós. També és un canal de drenatge temporal de ribes rostes, amb 1 amplària i 1 fondària que oscil·la entre 1 i 10 m

3.1.1. Model qualitatiu de l'erosió-deposició

El model qualitatiu de l'erosió-deposició per a sòls cultivats es recolza en el principi de que l'erosió és més activa que l'edafització,⁵ el que provoca la desaparició dels horitzons superficials del perfil en la part superior dels vessants i una acumulació de matèria a la base.

D'acord amb aquest model, en les terres de cultiu l'erosió es manifesta en regalims i zones d'acumulació de terra. Aquests trets erosius no són permanents, ja que amb el conreu s'anul·len els efectes de l'erosió impedit la formació de regalims i xaragalls. El conreu del sòl va barrejant els horitzons superficials amb els més profunds a mesura que van sent erosionats els primers aquest procés erosiu es tradueix en una remoció superficial uniforme del sòl, semblant a l'erosió laminar.

L'efecte és el truncament dels sòls cultivats en la part superior del vessant i la seva acumulació a la base, sent el procés més gran a mesura que el pendent augmenta.

Aquesta evidència es pot observar en un vistós mosaic de colors (Figura 3.1), inclús en zones actualment planes. La distribució de les zones d'erosió és molt confusa, però és possible la seva cartografia detallada a partir de sensors remots. La generalització a les zones sense cultivar és més difícil, tot i que es pot realitzar considerant tant la cobertura vegetal com les formes d'erosió que poden aparèixer.



Figura 3.1 Mosaic de colors

5 Edafització: és el conjunt de processos físics, químics i biològics que dirigeixen en a la formació de sòl damunt la roca nua.

3.2. Mètodes quantitativs

Els mètodes quantitativs permeten l'estimació numèrica de l'erosió. Mitjançant trets qualitativs es poden establir diferents graus erosius per la qual cosa el model quantitativ pot ser emprat per el desenvolupament de metodologies qualitatives.

Dins del mètodes quantitativs trobem els mètodes quantitativs d'avaluació directa i els d'avaluació indirecta.

3.2.1. Mètodes quantitativs d'avaluació directa

El mètode quantitativ d'avaluació directa determina l'erosió a partir:

- d'un mesurament directe (flux de l'aigua, flux de l'aigua i sediments, perfiladors micro topogràfics) en el terreny.
- de l'estimació mitjançant assaigs controlats (parcel·les experimentals, simuladors de pluja).
- d'un mesurament de paràmetres associats als sediment o al sòl (matèria orgànica).

Els perfiladors micro topogràfics es mesuren amb les agulles d'erosió. Aquesta tècnica és una de les tècniques més simples i efectives pel mesurament de petits canvis en l'altitud de la superfície del terreny. Consisteix en introduir parcialment una agulla en el sòl i mesurar periòdicament l'altura del extrem superior respecte a la superfície topogràfica.

Les parcel·les experimentals són un dels mètodes més utilitzats pel seguiment i l'avaluació de l'erosió hídrica. Poden ser de dos tipus: obertes i tancades. Les obertes consisteixen en un canaló que recull les escorrenties i sediments produïts en una vessant per una tempesta. En aquesta tècnica l'objectiu no és el recull de dades ja que sol tenen un interès parcial sinó conèixer el mecanisme de l'erosió hídrica al llarg d'una vessant. Les parcel·les tancades són més utilitzades que les obertes i solen instal·lar-se en camps experimentals, pel seu tancament s'utilitza diferents tipus de material (xapa, maons, fibrociment) en diverses dimensions i àrees confinades.

Els simuladors de pluja ens aporten informació de com es produeix l'erosió i les tasses de pèrdua de sòl en diferents tipus de cobertura del sòl. Aquesta tècnica és àmpliament utilitzada ja que no és necessari esperar a que hi hagin precipitacions. La variabilitat dels simuladors de pluja ens permeten estudis precisos sobre l'erosió pluvial i hídrica en ambients amb condicions ambientals diferents.

Altres tècniques que també s'utilitzen són les conques que ens donen informació sobre el flux de l'aigua o la tècnica del Cs137 que ens proporcionen informació sobre la pèrdua del sòl gràcies a la utilització del isòtop radioactiu Cs137 ja que es pot establir una relació entre ells.

3.2.2. Mètodes quantitius d'avaluació indirecta: els models

Aquests mètodes es basen en la utilització de models. Els models són sistemes artificials constituïts mitjançant analogies amb sistemes reals i són representacions simplifiades de la realitat útils per l'anàlisi i comprensió del sistemes naturals. El model imita un fenomen natural del que interessa fer unes prediccions sobre el seu comportament d'un mode més efectiu que si s'observa el sistema real.

En general, el model ha de respondre a un objectiu, ajustar-se a les dades disponibles de la realitat i respondre a les necessitats dels usuaris. En el cas particular dels models d'erosió les dades requerides per la seva modelització són: la topografia, la geologia, la geomorfologia, les escorrenties, els sistemes de drenatge, els sòls, la coberta vegetal, els usos del sòl...

Per comprendre el mecanisme del funcionament dels models, es recorre a la seva classificació atenent als criteris que descriuen aspectes importants dels paràmetres i variables que s'identifiquen. En els estudis sobre l'erosió, es solen manejar diversos criteris per classificar els tipus de models:

- Atenent-se a la base del model:
 1. Empírics: Es recolzen en la identificació de relacions estadísticament significatives entre certes variables per modelar el comportament del sistema mitjançant equacions de regressió lineal.

2. De base física: Tracten de descriure els processos involucrats en el model, tenint en compte les lleis de conservació de la massa i l'energia mitjançant equacions matemàtiques complexes derivades de les lleis de la física.
- En relació amb la duració del temps:
 1. Continus: Quan el model simula llargs períodes de temps de les variables estudiades. Aquests model pretenen representar l'evolució del sistema sense interrupció durant llargs períodes de temps i sense tenir en compte les característiques individuals de cada tempesta o xàfec.
 2. Eventuals: Simulen variables com l'escorrentia o l'erosió en regalims en intervals curts de temps. Aquests models permeten caracteritzar una resposta hidrològica i la pèrdua de sòl després d'una tempesta de duració, volum i intensitat determinats.

Altres classificacions solen agrupar els models en tres grans grups:

1. Models estadístics: El sistema es determina per mitjà de l'estadística.
2. Models paramètrics: Intenten representar les relacions entre les variables (propietats mesurables del sistema amb magnituds variables en el temps) i paràmetres (quantitats temporalment invariables que caracteritzen el sistema). Aquests models són formulacions empíriques que relacionen factors ambientals amb la pèrdua de sòl i producció de sediments.
3. Models físics: Tracten d'imitar el comportament del sistema natural que es vol estudiar. Es basen en el anàlisi dels processos que ocasiona l'erosió. Es validen amb mesuraments i dades del sistema natural i es simula la seva resposta.

4. Objectius i metodologia

4.1 Objectius

L'objectiu d'aquest treball és l'estudi de l'erosió en un context de boscos i prats de muntanya. Per fer aquest estudi es planteja l'anàlisi del fenomen de l'erosió caracteritzant un perfil d'una vessant en dos períodes de temps diferents per poder determinar l'erosió produïda.

També es planteja el disseny i la construcció d'un simulador de pluja per poder realitzar experimentació en laboratori de diferents tipus de cobertura de sòl.

Després s'utilitzarà aquest simulador de pluja per la mesura directa de les pèrdues de sòl per erosió hídrica laminar i pel càlcul de la taxa d'infiltració del sòl.

4.2 Metodologia

S'ha emprat dos tipus de mètodes directes per recollir dades sobre l'erosió.

a) Mesuraments volumètrics mitjançant lectures amb escàner làser. Perfiladors micro topogràfics

Per fer l'estudi de l'erosió mitjançant el càlcul del volum del sòl erosionat o registre volumètric es pot realitzar mitjançant dispositius, com són les agulles d'erosió, piquetes, barnilles, estaques o claus (figura 4.1). Les tasses d'erosió s'avaluen analitzant el rebaixament de la vessant o del sòl, les variacions de volum i les microformes resultants. Una tècnica més actual de les agulles d'erosió és el rugosímetre làser, que consisteix en mesurar els perfils d'una vessant mitjançant un escàner làser (Figura 4.2).



Figura 4.1 Agulles d'erosió



Figura 4.2 Escàner làser



En aquest treball, s'ha emprat un mesurador làser (Figura 4.3) per realitzar les lectures del perfil del xaragall i així enregistrar la seva variació.

Figura 4.3. Mesurador làser

b) Mesuraments volumètrics mitjançant un simulador de pluja

Aquest mètode consisteix en utilitzar un simulador de pluja per realitzar l'experimentació.

Per fer l'estudi de l'erosió, primer s'ha de dissenyar i construir un simulador de pluja. Utilitzar un simulador de pluja ens permet desenvolupar experimentació en laboratori sense haver d'esperar a que hi hagi precipitacions.

L'experimentació que es realitzarà consisteix en:

- Determinar la conductivitat hidràulica⁶ del sòl per poder elaborar la seva corba d'infiltració.
- Determinar l'erosió produïda en les diferents safates experimentals .

Per fer l'experiment es farà l'estudi de l'erosió en tres cobertures molt diferents de sòl:

- Sòl d'un prat de pastura
- Sòl d'una parcel·la forestal
- Sòl d'una parcel·la agrícola o parcel·la sense vegetació

I per cada tipus de sòl, s'experimentarà en tres pendents diferents; horitzontal, a inclinació de 30º i a inclinació de 60º.

c) Determinació de la textura del sòl

Per a determinar la textura del sòl de manera senzilla es tracta d'intentar fer un cilindre amb mostra de sòl.

6 Conductivitat hidràulica: descriu el moviment de l'aigua quan es mou pels espais porosos del sòl

5. Experimentació

5.1. Experimentació perfiladors micro topogràfics

5.1.1. La parcel·la de treball

La parcel·la on he realitzat aquesta part del treball està situada a l'Alta Ribagorça, a 650 metres direcció Nord-Est del nucli de Gotarta (Figura 5.1).



Figura 5.1 Fotografia aèria de la zona de Gotarta

Es tracta d'una parcel·la de sòl argilenc i en ella s'observa el fenomen d'erosió del xaragall.

Tal com s'observa en la fotografia aèria (Figura 5.2), hi ha diversos xaragalls de diverses mides.



Figura 5.2 Imatge aèria del xaragall

5.1.2. Treball de camp

Inicialment, es va col·locar un testimoni en quatre punts diferents del xaragall per poder realitzar les mesures del perfil, és va fer una mesura a l'inici de l'experiment i una altra després de sis mesos. Un dels testimonis, es va trobar arrancat i per tant només s'ha obtingut resultats de tres punts de mostreig, que tot seguit passo a descriure.

El primer punt de mostreig es troba al començament del xaragall, el segon a 5,9 metres del primer i l'últim a 40 metres del segon, situat al final del xaragall. (Figura 5.3 i 5.4)



Figura 5.3 Imatge del xaragall al març



Figura 5.4 Imatge del xaragall al setembre

Com a testimoni es va utilitzar un perfil metàl·lic de prestatgeria, en la fixació del testimoni al sòl era molt important que es fixés fortament al sòl, amb un angle de horitzontal de 180° respecte a les vores del xaragall i un angle de 90° respecte al fons del xaragall perquè les mesures fossin correctes i comparables.



Figura 5.5 Eines utilitzades

Els perfils metàl·lics utilitzats disposaven de forats en tota la seva llargada, cosa que va permetre subjectar fortament el testimoni al sòl.

Mitjançant una aplicació mòbil que permet comprovar els graus, es va cercar la posició correcta del perfil metàl·lic, rebaixant o afegint una mica terra en els dos laterals del xaragall (Figura 5.5) i es clavar al sòl amb quatre claus de 15 centímetres de llargària, dos per cada costat del xaragall, a

més a més es va afegir una volandera a cada forat perquè quedes estable i no es mogues durant els sis mesos.



Figura 5.6 Imatge del segon testimoni al setembre

El perfil del xaragall es va calcular mitjançant un mesurador làser professional amb un rang de mesurament de 50 metres de llargada i amb una precisió de 1 mil·límetre. Es va marcar el perfil metàl·lic cada 2,5 centímetres d'amplitud per poder mesurar l'alçada del perfil en els mateixos punts en el mes de març i de setembre.

En el primer testimoni es va mesurar 33 vegades la seva alçada, és a dir, el xaragall era de 82,5 centímetres d'amplitud; en el segon (Figura 5.6) es va mesurar 40 cops, el xaragall era d'un metre d'amplitud; en l'últim, la primera vegada al març es va

mesurar 30 vegades però la segona vegada, al setembre es va mesurar 35 cops, per tant es va veure una diferència d'amplitud de 75 a 87,5 centímetres.

Per tal de complementar l'estudi també s'ha consultat els episodis de pluja dels últims sis mesos i s'ha obtingut la pluviometria.

5.2. Experimentació amb un simulador de pluja

La pràctica consisteix en el disseny i la construcció del simulador, la recollida de les mostres per les safates experimentals i l'experimentació amb pluja simulada i els canvis de pendants sobre les mostres per extreure'n dades.

5.2.1. Disseny del simulador de pluja

El simulador de pluja que s'ha dissenyat consta de:

- Estructura

El simulador consisteix en una estructura metàl·lica rectangular, està format per dues baldes i quatre perfils metàl·lics. L'estructura està construïda amb perfils angulars de 38

mm, són perfils d'acer amb perforacions i de 2 m d'alçada. Les baldes metàl·liques són 40x80 cm. Es tracta d'una estructura cargolada i per al seu muntatge es van utilitzar escaires, cargols i femelles. (Figura 5.7)

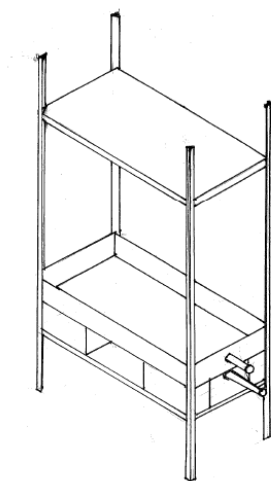


Figura 5.7. Estructura del simulador de pluja

- Safates per col·locar les mostres

Es va utilitzar unes safates de plàstic de 60x40x12 cm, on es van fer dos forats amb un trepant i una broca de corona, un a la base de la safata i l'altre en un lateral davanter (Figura 5.8 i 5.9). Després es va col·locar una sèrie de tubs de PVC de desaigües per poder fer la recollida de les aigües d'escolament i d'infiltració. Es va usar un adhesiu especial de plàstic perquè quedessin fixats a la safata.



Figura 5.8 Trepant amb broca de corona



Figura 5.9 Col·locació dels tubs PVC

- Difusor i Toma d'aigua



Figura 5.10 Pistola amb diferents difusors

Es va utilitzar una pistola amb diferents difusors que permetia simular la pluja amb diferent mida de gota i diferent intensitat de pluja (Figura 5.10), aquest difusor es va subjectar a la part inferior de la balda metàl·lica superior mitjançant un suport de fusta que es va cargolar a la balda i brides de plàstic.

La pistola es va connectar a una toma d'aigua a pressió mitjançant una mànega de reg i els seus connectors.

- Mecanisme per obtenir diferents pendents

Per poder realitzar l'experiment amb diferents pendents, es va construir un mecanisme amb fustes que constava de dues parts; en la primera del mecanisme es recolzava la safata i en la segona hi havia una peça de fusta amb diferents topalls que permetia obtenir diferents angles d'inclinació.

5.2.2. Les parcel·les experimentals

L'experiment es va realitzar en tres tipus molt diferents de coberta vegetal:

- a) Sòl d'un prat de pastura: la mostra es caracteritza per tenir vegetació abundant. (Figura 5.11)
- b) Sòl d'una parcel·la forestal: la mostra es caracteritza per tenir poca vegetació però disposa d'una capa superficial de fulles (Figura 5.12)
- c) Sòl d'una parcel·la agrícola o parcel·la sense vegetació: la mostra es caracteritza per no tenir gens de vegetació en determinades èpoques de l'any (Figura 5.13).



Figura 5.11 Mostra prat de pastura



Figura 5.12 Mostra parcel·la forestal



Figura 5.13 Mostra sense vegetació

Les parcel·les experimentals es van preparar amb unes safates de PVC, anteriorment descrites, a dins de les quals s'hi va col·locar la mostra de sòl. Per obtenir les mostres de sòl, primer de tot es va localitzar els tres tipus de coberta que es volia treballar de la zona de l'Alta Ribagorça. En segon lloc es va marcar el sòl amb les dimensions de les safates, després amb l'ajut d'una aixada i d'un pic es va tallar el perímetre de l'àrea que s'havia marcat, tot seguit i amb molt de compte es va arrancar la mostra compacta de sòl sense alterar-ne la seva estructura, finalment es va col·locar la mostra dins la safata experimental.

5.2.3. Disseny de l'experiment

Un cop obtingudes les safates experimentals es va fer el disseny de l'experiment. L'experiment es va fer en tres tipus de cobertura, per a cada cobertura es va realitzar la simulació en tres inclinacions; horitzontal, inclinació de 30° i inclinació de 60°. Per a cada inclinació es va simular amb pluviometria alta i amb pluviometria baixa, per tant, es van realitzar 6 simulacions en cada tipus de cobertura. Les simulacions realitzats en total van ser de 18.

- Material

El material utilitzat en l'experiment ha sigut:

- Simulador de pluja
- Cronòmetre
- Punt d'aigua

- Pistola amb diferents difusors
- Llibreta de camp i bolígraf
- Diferents recipients per recollir l'aigua erosionada
- Recipient per mesurar els volums
- Recipients per assecar les mostres
- Forn
- Bàscula

- Realització de l'experiment

En primer lloc es va determinar la pluviometria. Els experiments es van realitzar amb dos diferents tipus de pluviometria: amb alta i amb baixa. Per determinar la pluviometria es va utilitzar un recipient del qual s'havia mesurat prèviament la seva superfície (en m^2). Després es va anotar el volum d'aigua (litres) que es va recollir en un minut, per així poder calcular la pluviometria (litres/ m^2) de l'alta i de baixa.

Les simulacions es feien amb la mostra saturada d'aigua, per aconseguir-ho s'obria l'aixeta, i s'iniciava la pluja. En el moment que començava a sortir l'aigua pel desaigüe superficial ja es considerava que la mostra estava saturada. En cada cobertura es va anotar en quant temps s'obtenia la mostra saturada. A part, es va calibrar l'angle de la mostra amb l'ajuda d'una aplicació del mòbil, les inclinacions van ser de 0° , de 30° i de 60° .



A continuació, es va iniciar la simulació, es va obrir l'aixeta d'aigua a la intensitat que es volia i es va ficar en marxa el cronòmetre, anotant en quin moment començava ha produir-se l'escorrentia pel desaigüe superficial. Es va recollir l'aigua en un recipient que es canviava a intervals regulars de temps, en el meu cas cada minut, després es mesurava el seu volum (Figura 5.14).

Figura 5.14 Recollida de l'aigua en un recipient

Segons la bibliografia consultada, quan el volum d'aigua recollida ja no variava finalitzava la simulació, en el meu cas va ser de 4 minuts. Tot seguit, aquesta aigua d'escorrentia superficial es dipositava en un sol recipient on es deixava sedimentar durant uns quants dies. A part, també s'antova el volum de d'infiltració subsuperficial.

Un cop la mostra ja estava sedimentada es va procedir, amb molt de compte, a decantar la galleda per eliminar l'aigua sense sediments, tot seguit es va a assecar la mostra a un forn a 105°C utilitzant un recipient prèviament tarat. Quan la mostra ja estava seca es va tornar a pesar i així poder quantificar l'erosió que s'havia produït. Aquest procediment es va repetir per a cada mostra.

Cal destacar que en la simulació de la mostra sense vegetació, amb una inclinació de 60° i de pluviometria alta es va donar un escolament superficial molt abundant, sobreixint de la safata (Figura 5.15).



Figura 5.15 Escolament superficial

- Paràmetres mesurats (en funció del tipus de sòl, pluviometria i pendent):
 - ➔ Velocitat d'infiltració.
 - ➔ Taxa d'erosió.
 - ➔ Volum d'infiltració.

5.3. Determinació del sòl

La textura del sòl es va determinar en camp mitjançant el mètode d'intentar fer un cilindre amb una mostra de sòl. El mètode consisteix en treure els elements gruixuts d'una petita mostra i ficar-ho en el palmell de la mà, humectar-lo amb uns gotes d'aigua fins obtenir una pasta amb certa plasticitat. A continuació s'intenta fer un cilindre molt fi, d'uns 3mm de diàmetre, si no s'aconsegueix fer-lo vol dir que el sòl és arenós; si s'aconsegueix fer el cilindre i tancar-lo en forma d'anell i es de tacte suau el sòl és argilenc; si no és molt suau el sòl és franc i si es trenca el sol és franc-argilenc.

6. Resultats

Després de fer els experiments explicats en l'apartat anterior, s'han obtingut els resultats que s'exposen en aquest apartat. S'han representat les dades mitjançant gràfiques per poder observar millor l'evolució de l'erosió durant el període de temps estudiat, en el cas del primer experiment, i per determinar l'erosió i la conductivitat hidràulica produïda en les mostres, en el segon experiment. Les taules de dades, amb els resultats en forma numèrica es poden trobar a l'annex, en cas que es vulgui obtenir la informació més detallada. En aquest apartat s'han escollit les taules que ens expliquen millor les dades i s'ha fet un breu comentari de cadascuna explicant els resultats i els diversos fenòmens que s'han produït.

6.1. Resultats perfiladors micro topogràfics

6.1.1. Primer testimoni del xaragall

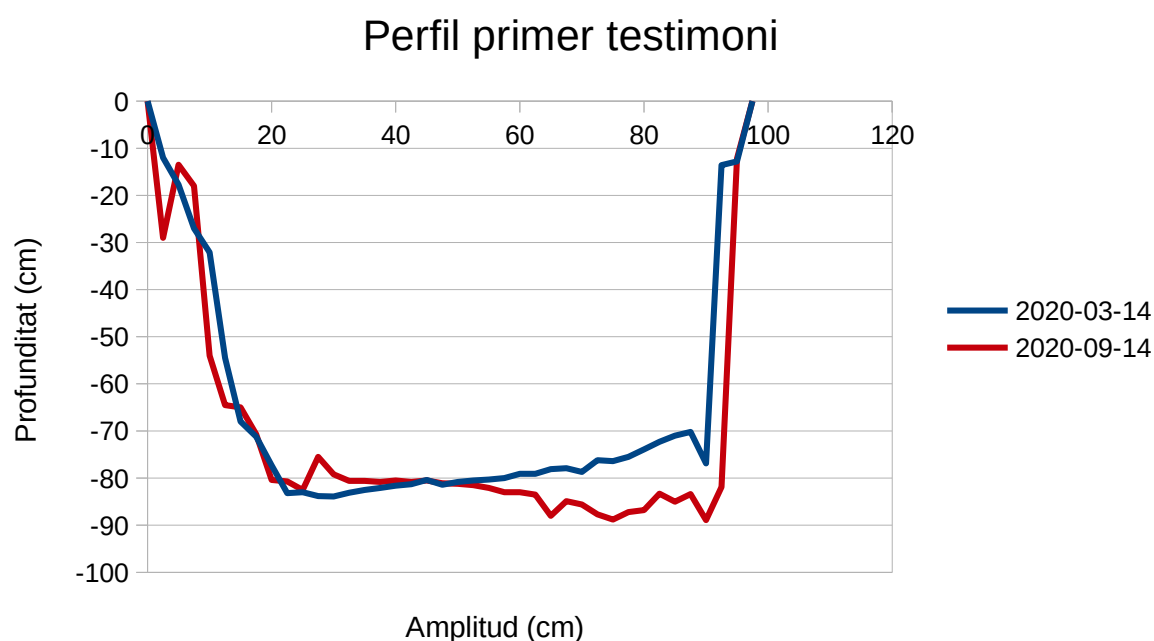


Figura 6.1 Variació del primer testimoni en el període estudiat.

A la figura 6.1 es poden observar els resultats obtinguts en les dues mesures del primer testimoni del xaragall i la variació del seu perfil en sis mesos. Observant el gràfic, podem veure que s'ha produït notablement el fenomen d'erosió entre l'interval d'amplitud de 50 i 90 centímetres del perfil.

6.1.2. Segon testimoni del xaragall

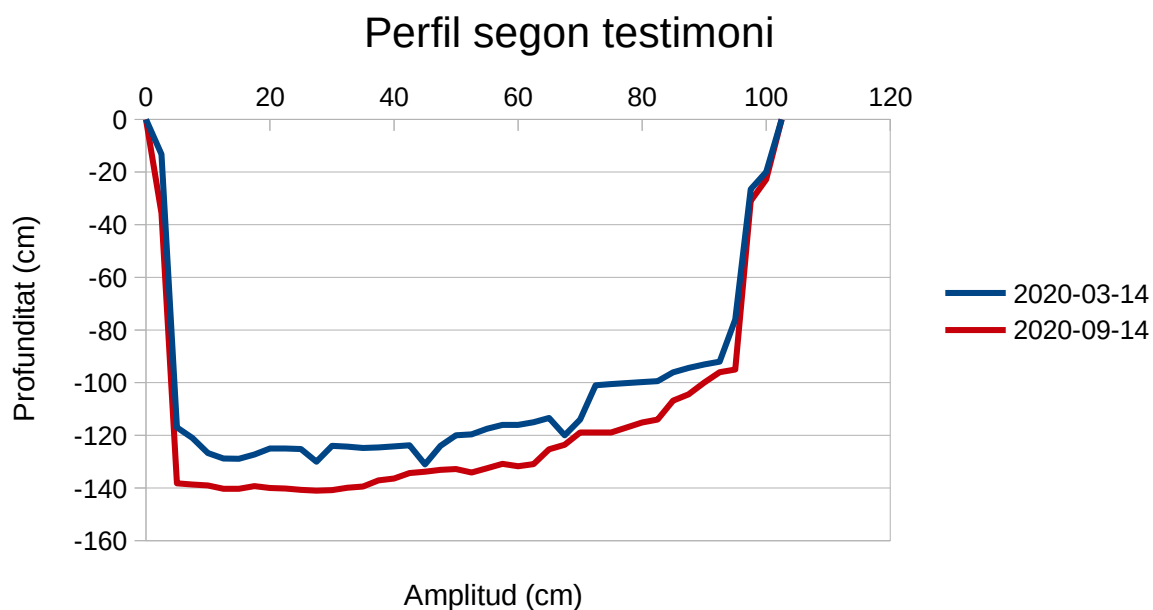


Figura 6.2 Variació del segon testimoni en el període estudiat.

El segon testimoni es troba a la part central del xaragall, a la figura 6.2 s'observa un descens generalitzat en tot el perfil.

6.1.3 Tercer testimoni del xaragall

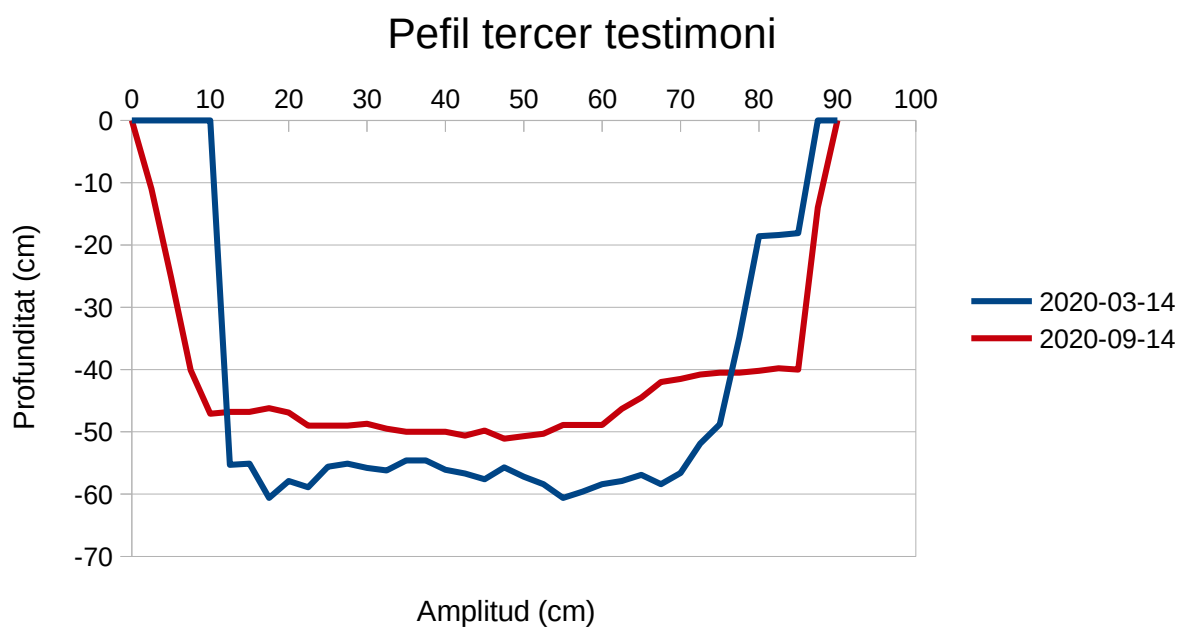


Figura 6.3 Variació del tercer testimoni

El tercer testimoni es troba situat a prop de la part final del xaragall. En el gràfic del seu perfil es pot observar dos fenòmens: un de sedimentació del sòl de la part alta del xaragall, en tot el perfil; i un fenomen de despreniment en els seus laterals. A la figura 6.3 es pot veure que el despreniment va dels primers 10 centímetres i de l'interval del 80 al 90 centímetres.

6.1.4. Càlcul de les àrees dels perfils

Per fer el càlcul de les àrees dels diferents perfils s'ha utilitzat la fórmula proposada per Stocking i Murnaghan (2003), on es considera el perfil format per la suma de trapezis d'alçada 2,5 centímetres i de bases, les lectures de profunditat realitzades. La fórmula utilitzada és la següent:

$$\frac{B1+B2}{2} \times h$$

On: B1 és la base major
B2 és la base menor
h és l'altura

Un cop calculades les superfícies dels perfils, mitjançant la seva diferencia es pot trobar l'àrea del perfil del xaragall que s'ha erosionat, és a dir, la tasa d'erosió.

Les àrees dels diferents perfils es mostren en la següent taula:

	14 de Març del 2020	14 de Setembre del 2020	Variació d'àrea
Testimoni 1	5.865, 2 cm ²	6.326,125	-460,925
Testimoni 2	10.756,812	11.981,5	-1224,687
Testimoni 3	3.831,875	3.353	478,875

Es pot observar que en el testimoni 1 i 2 hi ha un augment en l'àrea del xaragall que vol dir que hi ha hagut erosió. En canvia en el testimoni 3 hi ha hagut disminució de l'àrea que vol dir que hi ha hagut sedimentació. Aquest sediments poden tenir diferents orígens, en aquest cas, el testimoni està col·locat a la part final del xaragall i per tant rep els sediments de la part alta del xaragall. A part, si observem el seu perfil es pot veure que és més ample al setembre que al març perquè hi ha hagut despreniment de terra dels seus laterals, és a dir, el perfil del xaragall s'ha fet més ample. Tot i així, la

variació total de les tres àrees ha estat de $-1.206,74 \text{ cm}^2$ i per tant, tot i la sedimentació que hi ha a la part baixa del xaragall es pot observar que el xaragall s'ha erosionat.

6.1.5 Pluviometria

La pluviometria de la zona de Gotarta entre el 14 de març del 2020 i el 14 de setembre del 2020 ha sigut la següent (Figura 6.4.):

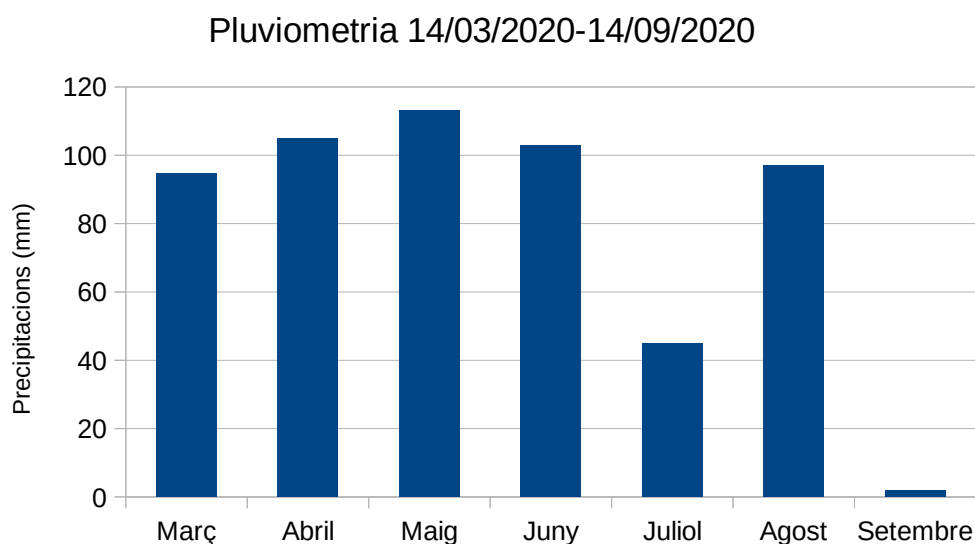


Figura 6.4. Pluviometria durant el període estudiat.

La pluviometria total del sis mesos ha estat de 559,4 mm, s'ha registrat pluviometria en 67 dies dels quals en 18 dies ha plogut més de 10 mm; cal destacar els episodis de precipitacions del 16 de març i del 28 d'agost on va ploure 62,5 i 69,3 mm respectivament.

Si observem el resultat obtingut en l'erosió dels diferents perfils del xaragall i la precipitació donada durant el període d'estudi, podem determinar que hi hagut una variació notable de les àrees dels perfils i que aquesta variació ha estat deguda a la precipitació enregistrada en el període d'estudi, especialment els episodis de major intensitat i quantitat de pluja com van ser el 16 de març i el 28 d'agost.

6.2 Resultats simulador de pluja

6.2.1 Inici de l'escorrentia per obtenir mostra saturada

Els resultats obtinguts per obtenir la mostra saturada es mostren en la Figura 6.5:

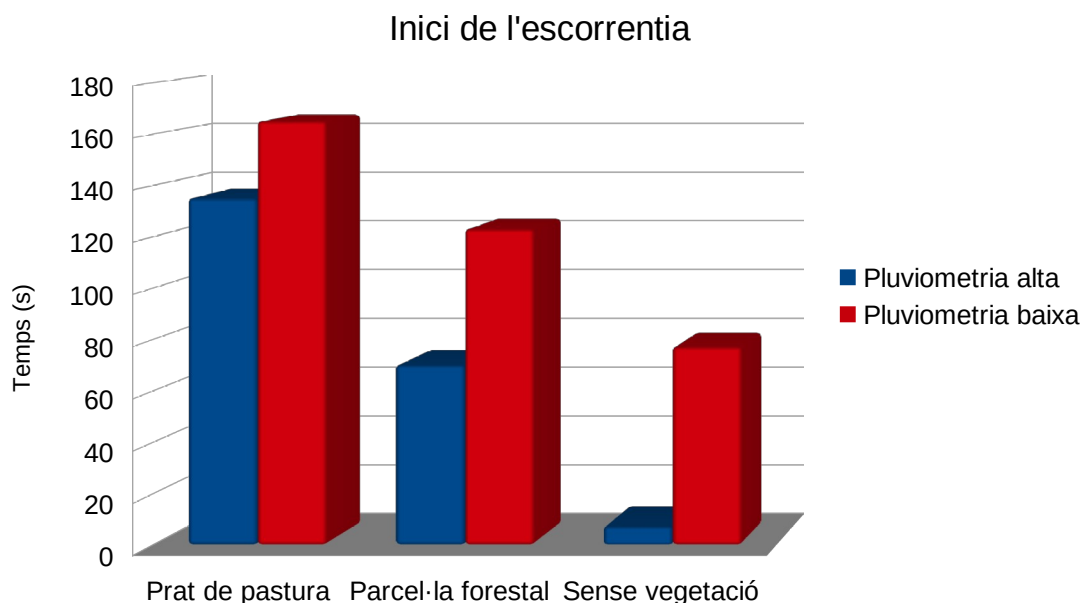


Figura 6.5. Gràfic inici de l'escorrentia.

En la mostra s'observa que en tots els casos, quan s'utilitzava la pluviometria alta l'inici de l'escorrentia ha sigut en un temps inferior que quan s'utilitzava la pluviometria baixa. A part, també es pot veure com ha influenciat la quantitat de vegetació que hi havia en cada mostra, on es pot remarcar la dada de la mostra sense vegetació i amb la pluviometria alta on ha tardat només 5 segons ha iniciar-se l'escorrentia, això es degut a la falta de vegetació i per tant no hi ha res que reté l'aigua i també a la intensitat de la pluja.

6.2.2. Velocitat d'infiltració durant els experiments

En el següent gràfic (Figura 6.6) es pot veure la velocitat d'infiltració de cada mostra quan s'utilitzava la pluviometria alta. La velocitat d'infiltració és el temps que tarda l'aigua en penetrar el sòl i començar l'escorrentia superficial. A més a més, es pot apreciar que els resultats obtinguts de totes les mostres segueixen un mateix patró. Aquests és que com a més gran és el seu grau d'inclinació abans és produeix l'inici de l'escorrentia superficial. A més a més, també s'observa que l'inici de la infiltració de la

mostra sense vegetació és en un menor temps que de les altres perquè no té vegetació ni una capa de fullaraca que impedeixi parcialment el pas de l'aigua com passa en les altres dues mostres.

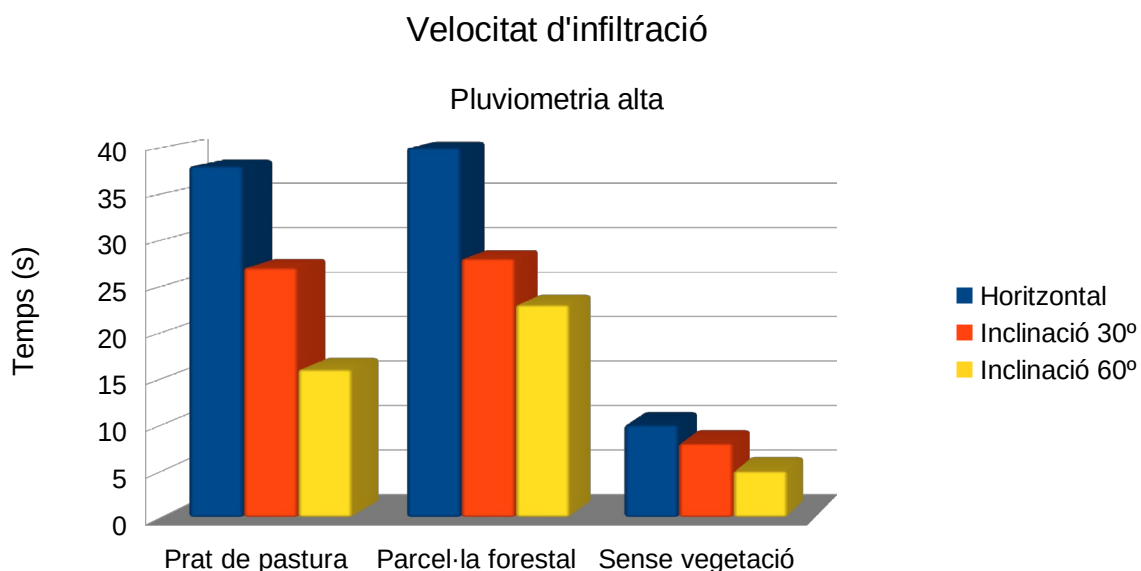


Figura 6.6 Velocitat d'infiltració en les mostres amb pluviometria alta.

En canvi la següent figura 6.7 correspon a la velocitat d'infiltració utilitzant la pluviometria baixa.

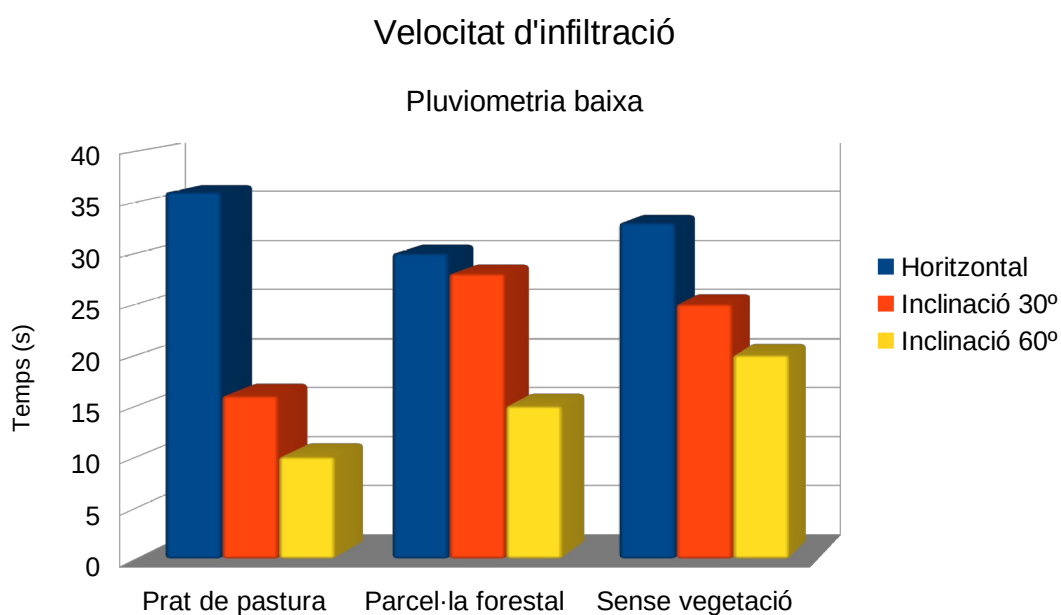


Figura 6.7 Velocitat d'infiltració en les mostres amb pluviometria baixa.

Comparant els dos gràfics podem distingir certes similituds entre ells, una d'elles es que en la pluviometria baixa també segueix el patró anterior entre el grau d'inclinació i el temps d'inici de l'escorrentia. A part, també podem observar que els resultats en el prat de pastura i en la parcel·la forestal no varien amb el canvi de pluviometria però amb la mostra de vegetació i pluviometria baixa podem apreciar un augment notable dels resultats respecte al de pluviometria alta.

6.2.3. Sòl erosionat durant els experiments

1. Mostra d'un prat de pastura

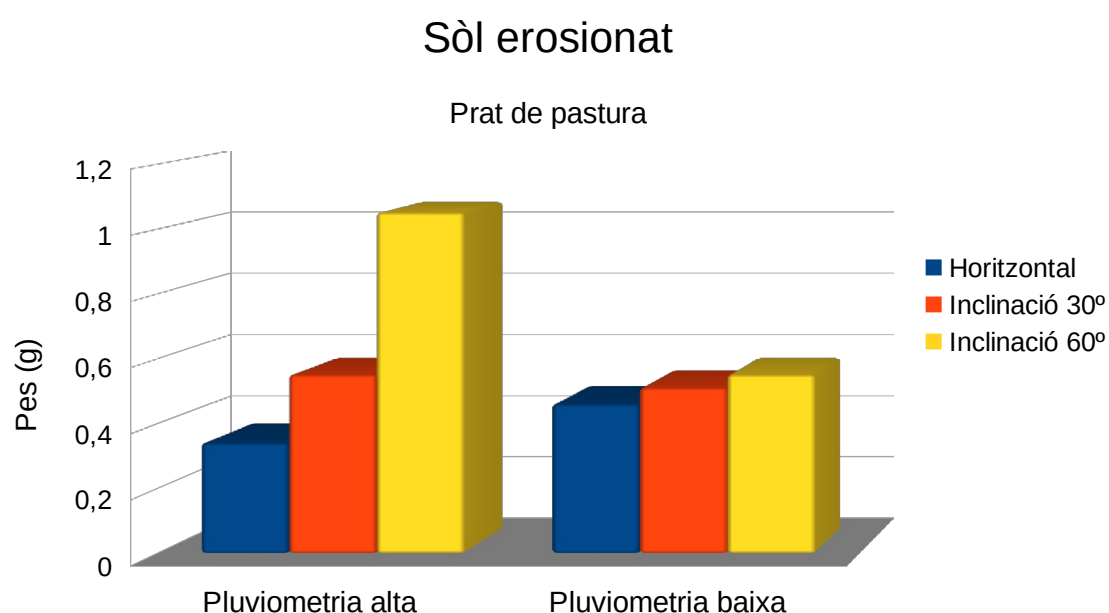


Figura 6.8 Sòl erosionat en la mostra d'un prat de pastura

En la figura 6.8 podem observar el sòl que s'ha erosionat en les mostres del prat de pastura, tant amb la pluviometria alta com amb la baixa. A més a més, es pot apreciar com influeix el grau d'inclinació en la quantitat de sòl erosionat, ja que en les totes les mostres l'erosió és major quan augmenta el grau d'inclinació. Per últim, poder veure que la dada més gran s'ha obtingut amb una pluviometria alta i un grau d'inclinació de 60°, això passa perquè la pluja a la pluviometria alta té més intensitat i a l'haver una inclinació tant forta l'aigua de la pluja aconsegueix erosionar més el sòl.

2. Mostra d'una parcel·la forestal

En la figura 6.9 podem observar el sòl que s'ha erosionat en la parcel·la forestal i també com influeix la pluviometria respecte al sòl erosionat ja que es veu clarament que a la pluviometria alta hi ha molta més erosió que a la baixa. La parcel·la forestal tot i tenir una capa superficial de fulles, la pluja intensa li és més fàcil perforar-la. També es pot apreciar que la mostra de la parcel·la forestal presenta menys erosió que la mostra del prat de pastura on l'erosió és més gran.

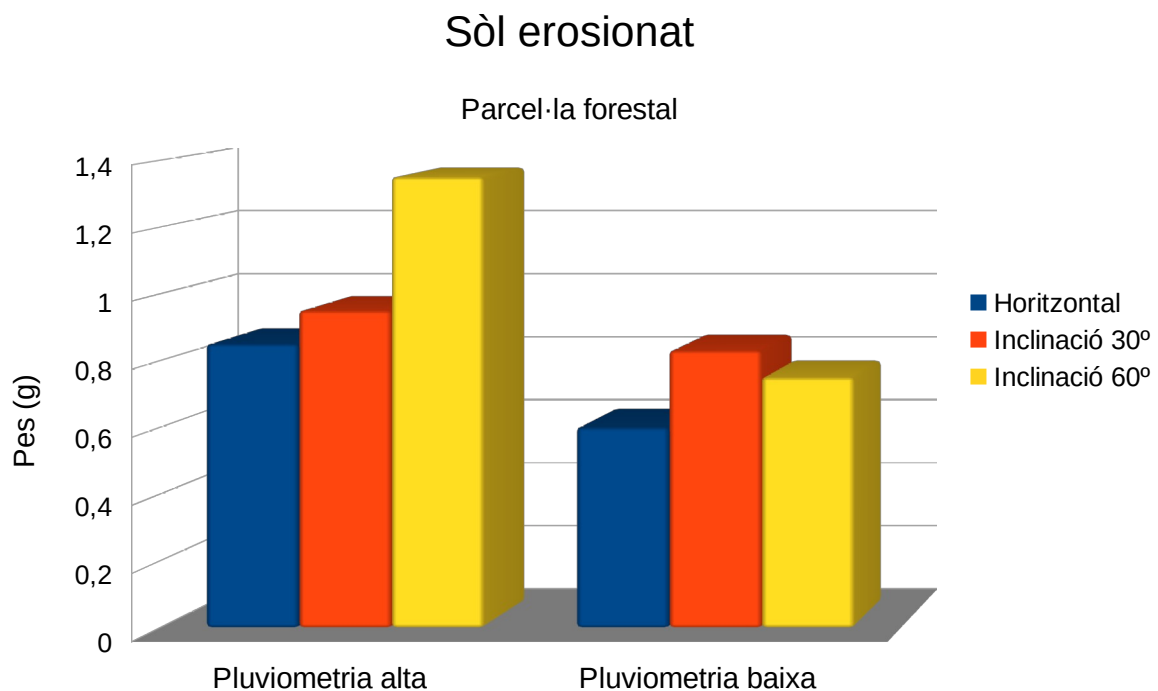


Figura 6.9 Sòl erosionat en la mostra d'una parcel·la forestal.

3. Mostra d'una parcel·la sense vegetació

En el gràfic següent (figura 6.10) es pot observar les dades analitzades de la mostra sense vegetació. Els resultats obtinguts són considerablement majors que els dels altres gràfics ja que la mostra no té vegetació i això permet a la pluja arrossegar millor els sediments i per tant erosionar més el sòl.

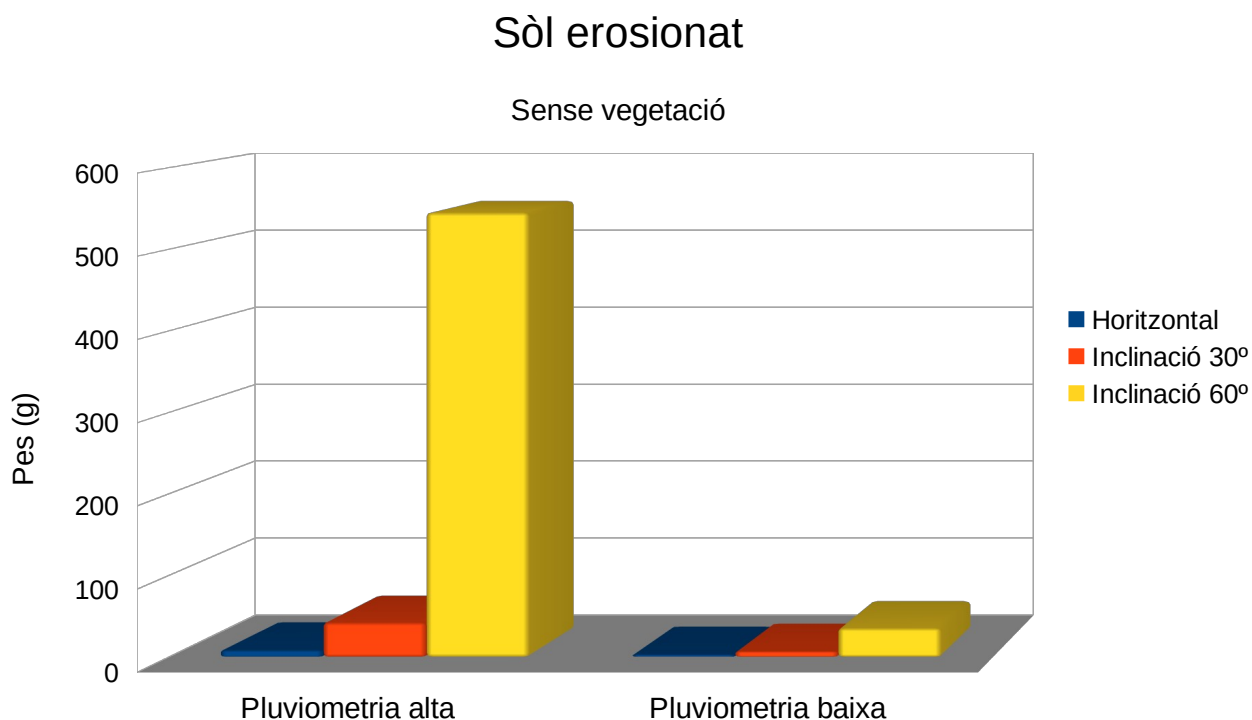


Figura 6.10 Velocitat d'infiltració en les mostres amb pluviometria baixa.

A part, es pot apreciar també en aquest gràfic com influeix el pendent i la pluviometria respecte el sòl erosionat ja que s'erosiona més sòl quan augmenta d'inclinació o la pluviometria. Per últim, s'ha de remarcar la dada amb pluviometria alta i una inclinació de 60° on s'ha erosionat 545,1 grams de sòl. Això es degut a que la pluja tenia una intensitat elevada que sumada a la inclinació de la mostra i la falta de vegetació va provocar que la pluja pogués arrossegar els sediments sense cap dificultat.

6.3. Resultats textura del sòl

En totes les mostres dels diferents cobertures del sòl, la textura del sòl era la mateixa, franc-argilenc, ja que es va aconseguir fer un cilindre d'uns 3mm de diàmetre però no es va poder tancar-lo en forma d'anell (Figura 6.11). A més, a més, el seu tacte no era suau una altra característica del sòl franc-argilencs.



Figura 6.11 Imatge del cilindre aconseguit

Per tant, la textura del sòl no ha influenciat en els resultats del experiment realitzat ja que en totes les mostres experimentals la textura del sòl era la mateixa.

7. Conclusions

L'anàlisi de dades i dels resultats obtinguts en els dos experiments ens porta a les següents conclusions:

D'entrada, en l'experimentació amb perfils micro topogràfics podem observar les conclusions següents:

- Si observem l'àrea de cada testimoni i la seva variació trobem que al primer i al segon testimoni es va produir el fenomen de l'erosió ja que hi va haver una pèrdua de sòl de 460,93 i 1224,68 cm² respectivament, cosa el representa el 7,86% en el primer testimoni i el 11,39% en el segon. Aquest fenomen es atribuïble al pronunciat pendent que hi ha en aquella zona del xaragall. En canvi, en el tercer testimoni es va produir el fenomen de la sedimentació perquè hi va haver un guany de sòl de 478,88 , que representa un augment del 12,50% respecte a l'inicial. Aquest fenomen es causat pel desprendiment de terra que hi va haver dels laterals del xaragall en aquesta zona i que el seu pendent era menys pronunciat que als dos primers testimonis.
- En analitzar l'àrea total dels tres perfils del xaragall i la variació de la seva àrea final respecte a l'inicial, podem observar que el xaragall s'ha erosionat ja que hi ha hagut una pèrdua de sòl de 1.206,74 cm² que representa un 5,89% del àrea inicial. Això bàsicament, es pot atribuir als episodis de pluja intensa que hi ha hagut en el període d'estudi, al tipus de sòl i al pendent que presenta el xaragall.

En segon lloc, en l'experimentació del simulador de pluges podem apreciar les següents conclusions:

- Respecte a l'inici de l'escorrentia i la velocitat d'infiltració podem observar unes conclusions molt semblants. En les dues, la dada de temps menor és amb la mostra sense vegetació i amb pluviometria alta. A part, en la velocitat d'infiltració podem veure que la inclinació de la mostra és inversament proporcional al temps. Això és degut a que major inclinació de la mostra, l'aigua de la pluja assoleix més velocitat i, per tant, el temps de la velocitat d'infiltració disminueix.

- Respecte al sòl erosionat podem observar com influeix la vegetació respecte al sòl erosionat ja que la mostra que s'ha erosionat més ha sigut la que no presentava vegetació. A part, també podem observar que la mostra del prat de pastura i la de la parcel·la forestal s'ha erosionat una quantitat de sòl semblant. Això és degut a que la capa superficial de fulles que té la parcel·la forestal fa una funció semblant a la vegetació que té la mostra del prat de pastura i impedeix que l'aigua pugui arrossegar fàcilment els sediments. Per últim, també podem veure la principal conclusió d'aquesta experimentació: quan utilitzem la pluviometria alta, la mostra sense sòl i amb una inclinació de 60° s'erosiona unes quantitats de sòl molt elevades. Això és causat perquè en aquesta mostra no hi ha vegetació i amb la inclinació elevada fa que l'aigua circuli amb més velocitat i per tant que pugui arrossegar més sediments i erosionar més el sòl de la mostra.

8. Fonts d'informació

Almorox, J. et al. *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Editorial Agrícola Española. Madrid, 1994.

Cerdà, A i Jordán, A. «Métodos para la cuantificación de la pérdida del suelo» [en línia]. Universitat de València i de Sevilla. <https://www.researchgate.net/publication/230683032_Metodos_para_la_cuantificacion_de_la_perdida_de_suelo_y_aguas_tras_incendios_forestales_con_especial_referencia_a_las_parcelas_experimentales>

[Consulta maig 2020]

«Conèixer el sòl» [en línia]. Revista Mètode de la Universitat de València . <<https://metode.cat/revistes-metode/seccions/jardi-animat-seccions/coneixer-elsol.html>>

[Consulta octubre 2020]

«Como utilizar un simulador de lluvia» [en línia]. Universitat de València <<https://www.youtube.com/watch?v=5IZtWYLcACQ>> [Consulta maig 2020]

López Bermúdez, F. *Erosión y desertificación. Heridas de la Tierra*. Nivola libros y ediciones. Madrid, 2002.

Martínez-Mena Garcia, M.D. i Abadia, R. et al. «Diseño experimental con lluvia simulada para el estudio de los cambios en la erosión del suelo durante la tormenta» [en línia]. CSIC < <http://digital.csic.es/handle/10261/16600>> [Consulta abril 2020]

Porta, J. *Técnicas y experimentos en Edafología*. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Lleida, 1998.

Porta, J. López-Acevedo, M. Poch, R. *Edafología: Uso y protección de suelos*. Ed Mundi-Prensa. Madrid, 2017.

Porta, J. «Las claves para defender la fertilidad y evitar la erosión» [en línia]. Revista Agroaldea. <<https://agroaldea.es/las-claves-para-defender-la-fertilidad-y-evitar-la-erosion>> [Consulta octubre 2020]

Soriano, M.D. et al. *Prácticas de diagnóstico y fertilidad de suelos*. Universidad Politécnica de Valencia. València, 2004.

9. Annexos

Annex A : Resultats obtinguts de l'experimentació perfiladors micro topogràfics

En aquest apartat s'adjunten les dades recollides en els diferents testimonis del xaragall. Les dades s'han utilitzat per elaborar les gràfiques dels perfils i els càlculs de les seves àrees de l'apartat 6 del treball.

Testimoni 1			Testimoni 2			Testimoni 3		
Punts de mostreig	Lectures (cm)		Punts de mostreig	Lectures (cm)		Punts de mostreig	Lectures (cm)	
	14-3-2020	15-9-2020		14-3-2020	15-9-2020		14-3-2020	15-9-2020
1	12	29	1	13,5	35,6	-5	-	11
2	17,7	13,5	2	117	138,2	-4	-	25,2
3	27	18	3	121	138,7	-3	-	40,1
4	32,1	54	4	126,7	139	--1	-	47,1
5	54,5	64,5	5	128,8	140,3	1	55,3	46,8
6	68	65	6	128,9	140,3	2	55,1	46,8
7	71,2	70,7	7	127,3	139,3	3	60,6	46,2
8	77,3	80,4	8	125	140	4	57,9	46,9
9	83,2	80,7	9	125	140,2	5	58,9	49
10	83	82,5	10	125,2	140,7	6	55,6	49
11	83,8	75,5	11	130	141	7	55,1	49
12	83,9	79,2	12	124	140,8	8	55,8	48,7
13	83,1	80,6	13	124,3	139,9	9	56,2	49,5
14	82,5	80,6	14	124,8	139,4	10	54,6	50
15	82,1	80,8	15	124,6	137,1	11	54,6	50
16	81,6	80,5	16	124,2	136,4	12	56,1	50
17	81,3	80,8	17	123,8	134,3	13	56,7	50,6
18	80,4	80,5	18	131	133,8	14	57,6	49,8
19	81,4	81,1	19	124	133,1	15	55,7	51,1
20	80,8	81,2	20	120	132,8	16	57,2	50,7
21	80,8	81,5	21	119,6	134,1	17	58,4	50,3
22	80,5	82,1	22	117,5	132,5	18	60,6	48,9
23	80,3	83	23	116	130,8	19	59,6	48,9
24	80	83	24	116	131,7	20	58,4	48,9
25	79,1	83,5	25	115	130,9	21	57,9	46,3
26	79,1	88	26	113,4	125,3	22	56,9	44,5
27	78,1	84,9	27	120	123,6	23	58,4	42
28	77,9	85,6	28	114	118,9	24	56,6	41,5
29	78,7	87,7	29	101	118,9	25	51,9	40,8
30	76,2	88,8	30	100,5	118,9	26	48,8	40,5
31	76,4	87,2	31	100,2	110,2	27	34,8	40,5
32	75,5	86,8	32	99,8	115,1	28	18,6	40,2

33	73,9	83,3	33	99,4	114	29	18,4	0,398
34	72,3	85	34	96,1	106,8	30	18,1	40
35	71	83,4	35	94,4	104,4	31	-	14
36	70,2	88,9	36	93,1	100			
37	76,8	81,9	37	92	96			
38	13,6	12,2	38	76	95			
39	12,8	0	39	26,5	31			
			40	20	22,8			

Figura 8.1. Dades recollides del xaragall

En la figura 8.1. mostra les lectures dels diferents testimonis que es van col·locar en el xaragall, una lectura es va fer en el mes de març i l'altra en el mes de setembre. En el segon testimoni es pot observar que hi va haver despreniment de terra.

Annex B : Pluviometria

En la següent taula (figura 8.2.) es mostra els valors de les precipitacions durant el període d'estudi, comprès des del 14 de març al 14 de setembre del 2020.

Dia	Precipitació(ml)						
	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre
1		3,7	0	2,3	0	0	0
2		0,8	0	0,1	8,5	0	0
3		0	0	5	2,3	0	0
4		0	0	0,4	0	0	0
5		0	0	0	0	0	0
6		0	0	28,1	0	0	0
7		5,3	0	11,2	0	0,7	0
8		13,2	0	0	0	4,2	1,4
9		1,9	0	0	0	15,2	0,4
10		0	31,8	0,3	7	0,5	0
11		0	0,1	28,5	0,1	0,1	0
12		0	15	6	0,1	3,5	0
13		1,3	17,6	0	17,2	0	0
14	0	1,1	10,2	0	3,9	0	0
15	15,8	4,7	4,4	0	0	0	
16	62,5	0,1	0	3,6	0	0	
17	0,2	0	0	0	0	0,3	
18	0	0	0	0,6	0	0	
19	0	7	0	2,3	0	0	
20	0	8,4	0	0	0	0	
21	0	12,3	0	0	0	0	
22	0,2	0	0	0	0	0	
23	1,1	0,2	1,6	0	0	0	
24	0,9	4,9	0	1,5	5,5	0	
25	0	8,1	4,7	11,8	0	0	
26	0	11,6	0,4	1,1	0	0	
27	0	20,4	9,4	0	0,3	0	
28	0	0	0,1	0	0	69,3	
29	1	0	0,4	0	0	1,5	
30	5,9	0	0	0	0	1,7	
31	7,1		17,5		0	0	

Figura 8.2. Precipitacions de març a setembre del 2020

Annex C : Resultats obtinguts de l'experimentació amb el simulador de pluja

En aquest apartat s'adjunten els resultats obtinguts de l'experimentació amb el simulador de pluja.

En la figura 8.3. es mostra el temps, en segons, que va trigar cada mostra en començar l'escorrentia per obtenir la mostra saturada.

Inici de l'escorrentia per obtenir mostra saturada en segons		
	Pluviometria alta	Pluviometria baixa
Prat de pastura	135	165
Parcel·la forestal	70	123
Sense vegetació	7	77

Figura 8.3. Inici de l'escorrentia segons tipus de coberta i pluviometria.

En les següents taules (figura 8.4. i figura 8.5.) es mostren el temps, en segons, que va trigar cada mostra en començar l'escorrentia un cop que la mostra estava saturada.

Pluviometria alta			
	Horitzontal	Inclinació 30°	Inclinació 60°
Prat de pastura	38	27	16
Parcel·la forestal	40	28	23
Sense vegetació	10	17	5

Figura 8.4. Temps, en segons, en iniciar l'escorrentia amb pluviometria alta.

Pluviometria baixa			
	Horitzontal	Inclinació 30°	Inclinació 60°
Prat de pastura	36	16	10
Parcel·la forestal	30	28	15
Sense vegetació	33	25	20

Figura 8.5. Temps, en segons, en iniciar l'escorrentia amb pluviometria baixa.

En la figura 8.6. es mostra les dades obtingudes del sòl erosionat.

Prat de pastura		
	Pluviometria alta	Pluviometria baixa
Inclinació	Pes (g)	Pes (g)
0º	0,34	0,46
30º	0,55	0,51
60º	1,05	0,55
Parcel·la forestal		
	Pluviometria alta	Pluviometria baixa
Inclinació	Pes (g)	Pes (g)
0º	0,85	0,6
30º	0,95	0,83
60º	1,35	0,75
Sense vegetació		
	Pluviometria alta	Pluviometria baixa
Inclinació	Pes (g)	Pes (g)
0º	8,55	3,13
30º	42,46	7,0
60º	545,1	35,46

Figura 8.6. Pes en grams del sòl erosionat, segons pluviometria, tipus de cobertura i inclinació.